

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-269548

(43) 公開日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 1 1 B 5/66

G 1 1 B 5/66

5/39

5/39

H 0 1 F 10/16

H 0 1 F 10/16

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平9-77174

(22) 出願日

平成9年(1997)3月28日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 神邊 哲也

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 高橋 由夫

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 石川 晃

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会

社日立製作所ストレージシステム事業部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体およびそれを用いた磁気記憶装置

(57) 【要約】

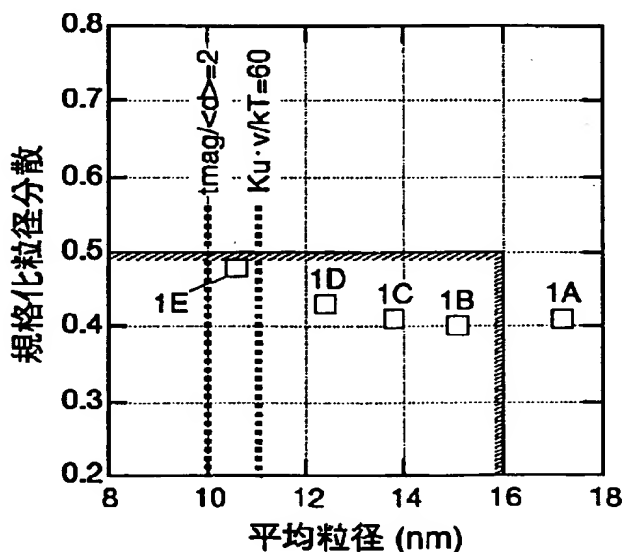
(修正有)

【課題】 高密度な情報の記録再生が可能で信頼性の高い磁気記憶装置を提供する。

【解決手段】 磁気ヘッドの再生部を磁気抵抗効果型磁気ヘッドで構成し、かつ、磁気記録媒体を、基板上に、単層、または多層下地層を介して形成された磁性層を有する構造とし、前記磁性層が柱状構造の磁性結晶粒、または非晶質の磁性粒子で構成されており、該磁性粒の平均粒径、及び平均粒径で規格化した粒径分散をそれぞれ16nm以下、0.5以下とし、該磁性粒の磁気異方性定数Kuと体積vとの積を、ボルツマン定数kと絶対温度Tとの積で除した値Ku・v/kTを60以上とし、かつ磁性層膜厚を平均粒径の2倍以内とする。

【効果】 ノイズが低減され、高いS/Nと低いビットエラーレートが得られ、1平方インチ当たり2ギガビットの高い記録密度で30万時間以上の平均故障間隔を持つ磁気記憶装置が実現できる。

図 6



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に単層、または多層の下地層を介して形成された磁性層を有する磁気記録媒体において、磁性層が柱状構造を有する結晶質、または非晶質の磁性粒子で構成されており、該磁性粒の基板面に平行な面内で測定した平均粒径 $\langle d \rangle$ が16nm以下であり、かつその粒径分散幅 $\Delta d$ と平均粒径の比 $\Delta d / \langle d \rangle$ が0.5以下であり、更に該磁性層の膜厚が上記平均粒径 $\langle d \rangle$ の2倍以下であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】前記粒径分散幅 $\Delta d$ と平均粒径の比 $\Delta d / \langle d \rangle$ が、0.4以下であることを特徴とする請求項1に記載の磁気記録媒体。

【請求項3】磁性層中の磁性粒の磁気異方性定数 $K_u$ と体積 $v$ との積を、ボルツマン定数 $k$ と絶対温度 $T$ との積で除した値 $K_u \cdot v / k \cdot T$ が60以上であることを特徴とする請求項1または2に記載の磁気記録媒体。

【請求項4】磁性層が六方稠密構造の磁性合金からなり、該磁性合金の $c$ 軸が実質的に基板面内方向を向いており、かつ、前記磁性層が(100)面が基板面と略平行になるように配向した体心立方構造のCrを主成分とした下地層上に形成されていることを特徴とする請求項1から3までのいずれかに記載の磁気記録媒体。

【請求項5】磁性層がCoを主成分とした六方稠密構造の磁性合金からなり、該磁性合金が15~23at%のCr、及び6~20at%のPtを含有することを特徴とする請求項1から4までのいずれかに記載の磁気記録媒体。

【請求項6】磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部から成る磁気ヘッドと、上記磁気ヘッドを上記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、上記磁気ヘッドへの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段を有する磁気記憶装置において、前記磁気ヘッドの再生部が磁気抵抗効果型磁気ヘッドで構成され、かつ、前記磁気記録媒体が請求項1から5までのいずれかに記載の磁気記録媒体で構成されることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項7】前記磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗センサ部が、互いに0.30 $\mu$ m以下の距離だけ隔てられた軟磁性体からなる2枚のシールド層の間に形成されており、かつ、前記磁性膜の厚さ $t$ と、記録時における該磁気記録媒体に対する上記磁気ヘッドの相対的な走行方向に磁界を印加して測定した残留磁束密度 $B_r$ の積 $B_r \times t$ が40 Gauss・ミクロン以上、140 Gauss・ミクロン以下であり、さらに、上記の磁界印加方向と同じ方向に磁界を印加して測定した前記磁気記録媒体の保磁力が2kOe以上であることを特徴とする請求項6に記載の磁気記憶装置。

【請求項8】前記磁気抵抗効果型磁気ヘッドが、互いの磁化方向が外部磁界によって相対的に変化することによって大きな抵抗変化を生じる複数の導電性磁性層と、該導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層を含む磁

気抵抗センサによって構成されていることを特徴とする請求項6または7に記載の磁気記憶装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気記憶装置、具体的には1平方インチ当たり2ギガビット以上の記録密度を有する磁気記憶装置と、これを実現するための低ノイズで、かつ熱ゆらぎに対して十分な安定性を有す薄膜磁気記録媒体に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】磁気記憶装置に対する大容量化の要求は、現在益々高まりつつある。従来の磁気ヘッドには磁束の時間的変化に伴う電圧変化を利用した電磁誘導型磁気ヘッドが用いられていた。これは一つのヘッドで記録と再生の両方を行うものである。これに対して近年、記録用と再生用のヘッドを別にし、再生用ヘッドにより高感度な磁気抵抗効果型ヘッドを利用した複合型ヘッドの採用が急速に進みつつある。磁気抵抗効果型ヘッドとは、ヘッド素子の電気抵抗が媒体からの漏洩磁束の変化に伴って変化することを利用したものである。また、複数の磁性層を非磁性層を介して積層したタイプの磁性層で生じる非常に大きな磁気抵抗変化（巨大磁気抵抗効果、或いはスピンバルブ効果）を利用した更に高感度なヘッドの開発も進みつつある。この効果は非磁性層を介した複数の磁性層の磁化の相対的方向が、媒体からの漏洩磁界により変化し、これによって電気抵抗が変化する効果である。

【0003】高記録密度化には記録媒体の更なる低ノイズ化が必要となる。媒体ノイズを低減するためには磁性結晶粒間の交換相互作用の低減や、磁性結晶粒の微細化が有効であることが計算機シミュレーションや、実験により示されている（J. Appl. Phys., Vol. 63(8), 3248 (1988)、J. Appl. Phys., Vol. 79(8), 5339 (1996)）。交換相互作用を低減させる具体的な手法としては、主に磁性層中の高Cr濃度化、磁性結晶粒の空間的分離度の増大等が挙げられる。高Cr濃度化はより多量のCrを結晶粒界に偏析させ、磁性結晶粒間の交換相互作用を低減させるものである。しかし、同時に磁性結晶粒内のCr濃度も増大するため、飽和磁束密度の低下を招き、残留磁束密度 $B_r$ と磁性層膜厚 $t$ の積である $B_r \times t$ の値を維持するために磁性層膜厚を増加させる必要が生じる。しかし、結晶粒は膜厚増加によって肥大化し、媒体ノイズを増加させるため、この手法には限界がある。また、磁性結晶粒の分離度を増大させるには柱状構造をとった各下地層結晶粒を先鋭化させる必要がある。そのためには下地層膜厚を増加させる必要があるが、この場合もその上に形成された磁性結晶粒を肥大化させることになる。よって、この手法にも限界がある。

【0004】また、特開平7-311929には磁性層にSiO<sub>2</sub>等の酸化物を添加し、これを粒界偏析させることにより結

晶粒間の交換相互作用を低減させると同時に結晶成長を抑制し、粒径微細化を図る方が提案されている。しかし、絶縁物の添加はターゲットの抵抗値を著しく増加させるため、膜作製はRFスパッタ法を用いざるを得ない。RFスパッタ法はDCスパッタ法に比べ、コスト、安定性等の点において劣り、大量生産には適さない。また、RFスパッタ法により作製された媒体は、結晶配向の制御が困難なため、高い保磁力や、保磁力角型比が得難いという問題がある。

【0005】一方、微細化された磁性結晶粒は熱ゆらぎの影響をより強く受けるため、記録された磁化の安定性が著しく低下する。このため、時間と共に磁化反転の起こる割合が大きくなり、長期間のデータ保存に対し、十分な信頼性が確保できなくなる。更に微細化された結晶粒は隣接結晶粒からの静磁氣的相互作用をより強く受けるため、媒体ノイズの増大を招く。従って、結晶粒はある程度の大きさを保つ必要がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、高い記録密度を実現するには低ノイズであるばかりでなく、熱ゆらぎに対する十分な安定性を有した磁気記録媒体が必要となる。

【0007】本発明の目的は磁性結晶の平均粒径、及び粒径分散を適切な範囲内の値に制御することにより、低ノイズであり、かつ熱ゆらぎに対して十分な安定性を有する磁気記録媒体を提供し、更にこの磁気記録媒体と高感度な磁気ヘッドを組み合わせることにより1平方インチ当たり2ギガビット以上の記録密度を持った信頼性の高い磁気記憶装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的は、基板上に単層、または多層下地を介して形成された磁性層を有する磁気記録媒体において、該磁性層中の結晶粒の平均粒径 $\langle d \rangle$ を16nm以下とし、平均粒径で規格化した粒径分散 $\Delta d / \langle d \rangle$ （以下、規格化粒径分散と称す）を0.5以下とすることにより達成される。ここで結晶粒径、規格化粒径分散については以下の様に定義する。透過型電子顕微鏡観察により得られた磁性層表面の格子像から各結晶粒の面積を求め、これと同一面積の真円の直径を見積もり、これを結晶粒径とする。このとき、複数の磁性結晶粒が同一下地結晶粒上に異なる結晶方位をとって成長した構造、即ちバイクリスタル構造がみられる場合は、同一結晶方位をもつ磁性結晶を一つの結晶粒と数える。観察した結晶粒のうち、粒径がそれ以下である結晶粒の面積の合計を、計測した全結晶粒の面積で規格化した値を積算面積比率とする。図1に本発明における媒体の磁性結晶粒径と積算面積比率の関係（以後、積算面積比率曲線と呼ぶ）を示した。本発明では、積算面積比率が50%となるときの粒径を平均粒径 $\langle d \rangle$ と定義し、積算面積比率が75%となる粒径と、25%となる粒径の差 $\Delta d$ を粒径分散幅と

定義する。更に、 $\Delta d$ と前記平均粒径の比 $\Delta d / \langle d \rangle$ を規格化粒径分散と定義する。

【0009】平均粒径が16nmより大きくなると200kFCI以上の高線記録密度で記録した場合、磁化遷移領域の乱れ（不規則性）が大きくなり、媒体ノイズが増大するので好ましくない。また、規格化粒径分散が0.5以上になると極度に微細な結晶粒の数が増加し、これらが熱ゆらぎの影響を強く受けるため、記録磁化の減衰が著しくなり好ましくない。更に、このとき媒体ノイズも増大するので好ましくない。このように、単に磁性結晶粒を微細化するのみではなく、均一化することにより熱ゆらぎの影響を受け易い極度に微細な結晶粒を排除することが、ノイズ低減のみならず、熱ゆらぎに対する安定性を確保する上で極めて重要である。実施例2に示したように規格化粒径分散を0.4以下にすると、更なる低ノイズ化と熱的安定性の向上が図られ、より好ましい。また、このような磁性結晶粒径の制御は、特に従来、NiP/Al基板を用いた媒体に比べ、低ノイズ化が困難であったガラス基板を用いた媒体に対して、極めて有効なノイズ低減の手段となる。

【0010】磁性層としてはCoCrPt、CoCrPtTa、CoCrPtTi、CoCrTa、CoNiCr等、Coを主成分とし、かつCrを含有する合金を用いることができるが、高い保磁力を得るためにはPtを含むCo合金を用いることが好ましい。磁性結晶粒のもつ磁気異方性エネルギー $K_u$ と体積 $v$ との積 $K_u \cdot v$ を、ボルツマン定数 $k$ と絶対温度 $T$ との積で除した値 $K_u \cdot v / kT$ を60以上とすることにより、熱ゆらぎの影響を低減させることができる。 $K_u \cdot v / kT$ がこれ以下となると熱ゆらぎの影響により、磁化反転が起こる確率が急激に増加するため、記録磁化の減衰が著しくなり、好ましくない。また、特に磁性層の粒径が10nm以下となる媒体には、磁性層に高Pt濃度合金、或いは、SmCo、FeSmN等の希土類元素を含む合金等、高 $K_u$ 材料を用いることが望ましい。磁性層の膜厚は平均粒径の2.5倍以下であることが好ましい。膜厚がこれ以上になると膜面に対して垂直方向の形状磁気異方性が増大し、膜面内方向の保磁力が減少するため、好ましくない。

【0011】磁性層の磁氣的な特性としては、記録方向に磁界を印加して測定した保磁力を2kOe以上とし、残留磁束密度 $B_r$ と膜厚 $t$ の積 $B_r \times t$ を40ガウス・ミクロン以上、140ガウス・ミクロン以下とすると、1平方インチ当たり2ギガビット以上の記録密度領域において、良好な記録再生特性が得られるので好ましい。保磁力が2kOeよりも小さくなると、高記録密度（200kFCI以上）での出力が小さくなり好ましくない。また、 $B_r \times t$ が140ガウス・ミクロンより大きくなると分解能が低下し、40ガウス・ミクロンよりも小さくなると再生出力が小さくなり好ましくない。

【0012】更に、磁性層の保護層としてカーボンを厚さ5nm～20nm形成し、さらに吸着性のパーフルオロアル

キルポリエーテル等の潤滑層を厚さ2nm~10nm設けることにより信頼性が高く、高密度記録が可能な磁気記録媒体が得られる。また、保護層として水素を添加したカーボン膜、或いは、炭化シリコン、炭化タングステン、(W-Mo)-C、(Zr-Nb)-N等の化合物から成る膜、或いは、これらの化合物とカーボンの混合膜を用いると耐摺動性、耐食性を向上出来るので好ましい。また、これらの保護層を形成した後、微細マスク等を用いてプラズマエッチングすることで表面に微細な凹凸を形成したり、化合物、混合物のターゲットを用いて保護層表面に異相突起を生じせしめたり、或いは熱処理によって表面に凹凸を形成すると、ヘッドと媒体との接触面積を低減でき、CSS動作時にヘッドが媒体表面に粘着する問題が回避されるので好ましい。

【0013】上記の磁気記録媒体と、これを記録方向に駆動する駆動部と、記録部と再生部から成る磁気ヘッドと、上記磁気ヘッドを上記磁気記録媒体に対して相対運動させる手段と、上記磁気ヘッドへの信号入力と該磁気ヘッドからの出力信号再生を行うための記録再生信号処理手段を有する磁気記憶装置において、前記磁気ヘッドの再生部を磁気抵抗効果型磁気ヘッドで構成することにより、高記録密度における十分な信号強度を得ることができ、1平方インチ当たり2ギガビット以上の記録密度を持った信頼性の高い磁気記憶装置を実現することが出来る。また、本発明の磁気記録装置で用いている磁気抵抗効果型磁気ヘッドの磁気抵抗センサ部を挟む2枚のシールド層の間隔(シールド間隔)は0.30 $\mu$ m以下が好ましい。これは、シールド間隔が0.30 $\mu$ m以上になると分解能が低下し、信号の位相ジッターが大きくなってしまいうためである。更に、磁気抵抗効果型磁気ヘッドを、互いの磁化方向が外部磁界によって相対的に変化することによって大きな抵抗変化を生じる複数の導電性磁性層と、その導電性磁性層の間に配置された導電性非磁性層を含む磁気抵抗センサによって構成し、巨大磁気抵抗効果、或いはスピン・バルブ効果を利用したものとすることにより、信号強度をさらに高めることができ、1平方インチ当たり4ギガビット以上の記録密度を持った信頼性の高い磁気記憶装置の実現が可能となる。

【0014】

【発明の実施の形態】

<実施例1>本発明の実施例を図2、図3、図4を用いて説明する。本実施例の磁気記憶装置の平面模式図、断面模式図を図2(a)、及び図2(b)に示す。この装置は磁気ヘッド1、及びその駆動部2と、該磁気ヘッドの記録再生信号処理手段3と磁気記録媒体4とこれを回転させる駆動部

5とからなる周知の構造を持つ磁気記憶装置である。

【0015】上記磁気ヘッドの構造を図3に示す。この磁気ヘッドは基体6上に形成された記録用の電磁誘導型磁気ヘッドと再生用の磁気抵抗効果型磁気ヘッドを併せ持つ複合型ヘッドである。前記記録用ヘッドはコイル7を挟む上部記録磁極8と下部記録磁極兼上部シールド層9からなり、記録磁極間のギャップ層厚は0.3 $\mu$ mとした。また、コイルには厚さ3 $\mu$ mのCuを用いた。前記再生用ヘッドは磁気抵抗センサ10とその両端の電極ボタン11からなり、磁気抵抗センサは共に1 $\mu$ m厚の下部記録磁極兼上部シールド層と下部シールド層12で挟まれ、該シールド層間距離は0.25 $\mu$ mである。

【0016】図4に磁気抵抗センサの断面構造を示す。磁気センサの信号検出領域13は、酸化Alのギャップ層14上に横バイアス層15、分離層16、磁気抵抗強磁性層17が順次形成された部分からなる。磁気抵抗強磁性層には、20nmのNiFe合金を用いた。横バイアス層には25nmのNiFeNbを用いたが、NiFeRh等の比較的電気抵抗が高く、軟磁気特性の良好な強磁性合金であれば良い。横バイアス層は磁気抵抗強磁性層を流れるセンス電流がつくる磁界によって、該電流と垂直な膜面内方向(横方向)に磁化され、磁気抵抗強磁性層に横方向のバイアス磁界を印加する。これによって、媒体からの漏洩磁界に対して線形な再生出力を示す磁気センサが得られる。磁気抵抗強磁性層からのセンス電流の分流を防ぐ分離層には、比較的電気抵抗が高いTaを用い、膜厚は5nmとした。

【0017】信号検出領域の両端にはテーパー形状に加工されたテーパー部18がある。テーパー部は、磁気抵抗強磁性層を単磁区化するための永久磁石層19と、その上に形成された信号を取り出すための一対の電極11からなる。永久磁石層は保磁力が大きく、磁化方向が容易に変化しないことが必要であり、CoCr、CoCrPt合金等が用いられる。

【0018】図5に本実施例の磁気記録媒体の層構成を示す。基板20にはNiPメッキをコーティングした超平滑Al合金基板(以下、Al基板と記す)を用いた。ランプヒーターにより加熱したのち、DCマグネトロンスパッタ法によりCr-20at%Ti合金下地層21を3~20nm、Co-21at%Cr-10at%Pt合金磁性層22を20nm、カーボン保護膜23を10nmと順次形成した。スパッタガスにはArを用い、各層の成膜時のガス圧は5~20mTorrまで変化させた。また、潤滑材24にはパーフルオロアルキルポリエーテル系の材料をフルオロカーボン材料で希釈したものをを用いた。

【0019】

【表1】

表 1

媒体	保磁力 (kOe)	規格化媒体ノイズ ( $\mu\text{Vrms} \cdot \mu\text{m}^{1/2} / \mu\text{Vpp}$ )	$K_u \cdot v / kT$
1A	2.76	0.0197	146
1B	2.67	0.0175	104
1C	2.48	0.0159	77
1D	2.25	0.0148	66
1E	1.61	0.0144	55

【0020】表1に上記各条件で作成した媒体の保磁力、規格化媒体ノイズ、及び $K_u \cdot v / kT$ の値を示す。ここで規格化媒体ノイズ $kNd$ とは、線記録密度220kFCI、ヘッド浮上量50nmの条件で測定した媒体ノイズを孤立再生波とトラック幅の平方根で規格化した値である。また、 $K_u \cdot v / kT$ は室温における回転履歴損失の測定より求めた異方性磁界 $H_k$ と、飽和磁化 $M_s$ から $K_u = H_k \cdot M_s / 2$ とした求めた異方性定数 $K_u$ と、磁性結晶粒の体積 $v$ を用いて算出した値である。 $v$ は平均粒径と磁性層膜厚から求め、 $k$ 、 $T$ はそれぞれボルツマン定数、絶対温度である。

【0021】これらの媒体の磁性層の透過型電子顕微鏡観察を行ったところ、磁性層は柱状構造をとっていた。また、磁性結晶粒間には明瞭な偏析相は認められなかった。得られたTEM像（格子像）から前述した手法により求めた平均粒径、規格化粒径分散の値を図6に示す。何れの媒体も規格化粒径分散は0.5以下であり、平均粒径に対する磁性層膜厚の比は2以下であった表1に示すように、本実施例媒体B～Dは何れも規格化媒体ノイズは0.018以下、保磁力は2kOe以上と1平方インチ当たり2ギガビット以上の高記録密度の実現に対して十分な特性を示している。これに対し、平均粒径が16nm以上の媒体Aはノイズが著しく高い。前述のように本実施例媒体では何れの媒体にも明瞭な粒界相はみられず、また、各媒体のX線回折パターンは、何れも磁性層からの(11.0)回折ピークと下地層からの(200)回折ピークのみを示しており、結晶配向に大きな差はみられなかった。このことから、媒体Aでノイズが高いのは結晶粒径の影響であると考えられる。故に1平方インチ当たり2ギガビット以上の高記録密度を実現するには、平均粒径が16nm以下である必要があることがわかる。

【0022】また、高記録密度化におけるもう一つの課

題である熱ゆらぎの影響について検討するため、再生出力の時間に対する減衰率の測定を行った。結果を図7に示す。ここで再生出力の減衰率とは室温大気中で一定時間放置した後に測定した再生出力 $S_1$ と記録直後に測定した再生出力 $S_0$ の差 $\Delta S (=S_1 - S_0)$ を $S_0$ で規格化した値 $\Delta S / S_0$ であり、熱ゆらぎに対する媒体の安定性を示す値と考えられる。このときの線記録密度は220kFCIとした。本実施例媒体A～Dは何れも96時間後の減衰率は2%以内であった。この場合、10年後（ $8.76 \times 10^4$ 時間後）まで外挿したときの減衰率は5%以下と見積もられ、長期間の記録に十分適していると考えられる。これに対し、 $K_u \cdot v / kT$ が60未満の媒体Eは出力の減衰率が大きく、熱的安定性が不十分であることを示している。よって、十分な熱的安定性を得るには $K_u \cdot v / kT$ が60以上である必要があることがわかる。

【0023】本実施例媒体を、上述のヘッドと共に組み込んだ磁気記憶装置においてCSS試験（コンタクト・スタート・ストップ試験）を行ったところ、3万回のCSSを行っても摩擦係数は0.3以下であった。また、媒体の内周から外周までのヘッドシーク試験5万回後のビットエラー数は10ビット/面以下であり、平均故障間隔で30万時間以上が達成できた。

＜実施例2＞第一の下地層に10nmのCr、第二の下地層に5～20nmの(Cr-15at%Ti)-xat%B合金を使用し、B濃度 $x$ を0～10at%まで変化させた磁気記録媒体を作製した。磁性層には18nmのCo-18at%Cr-14at%Pt-2at%Ta合金を用いた。

【0024】各媒体の磁気特性を表2に示す。

【0025】

【表2】

表 2

媒体	保磁力 (kOe)	規格化媒体ノイズ ( $\mu\text{Vrms} \cdot \mu\text{m}^{1/2} / \mu\text{Vpp}$ )	出力減衰率 (%)	$K_u \cdot v / kT$
2A	2.81	0.0161	-0.7	145
2B	2.25	0.0238	-4.2	115
2C	2.59	0.0152	-1.3	95
2D	2.11	0.0215	-5.6	79
2E	2.63	0.0121	-0.7	68
2F	2.25	0.0145	-1.9	64

【0026】ここで規格化媒体ノイズ、再生出力の減衰率は実施例1と同様の条件で測定したものであり、減衰率は96時間後の値である。TEM像（格子像）より平均粒径、規格化粒径分散を求めた結果、図8に示すように何れの媒体も平均粒径は16nm以下であり、平均粒径に対する磁性層膜厚の比は2以下であった。規格化粒径分散が0.5以上の媒体B、媒体Dは平均粒径が $Ku \cdot v/kT > 60$ となる領域にあるにも関わらず、規格化媒体ノイズが著しく高い。また、これらの媒体は出力の減衰率もそれぞれ-4.2%、-5.6%と大きい。TEM像では何れの媒体にも明瞭な粒界相は認められず、各媒体の偏析状態に大きな差はないと思われる。また、X線回折の結果、何れの媒体も第一、及び第二の下地層からは体心立方構造の(200)回折ピークのみがみられ、磁性層から六方稠密構造の(11.0)回折ピークのみがみられた。このように本実施例媒体の偏析状態、結晶配向には大きな差はないため、前述の磁気特性の違いは主に磁性結晶粒の均一性に起因していると思われる。よって、1平方インチ当たり2ギガビット以上の高密度記録に対して十分な磁気特性と熱安定性を得るには、規格化粒径分散が0.5以下の均一な媒体を作製する必要があることがわかる。また、規格化粒径分散が0.4以下である媒体Eは、媒体Fに対して平均粒径はほぼ同程度であるにも関わらず、著しく低ノイズであり、また出力の減衰率も低い。これより、規格化粒径分散を0.4以下まで低減させることは、更なる低ノイズ化、及び

熱的安定性の向上に対して極めて効果的であることがわかる。

【0027】尚、本実施例では膜形成は全てDCスパッタ法により行ったが、その他、イオンビームスパッタ法、ECRスパッタ法等でも同様な効果が得られる。

【0028】実施例1と同様の構成を持つ磁気記憶装置において、磁性層にFe-Sm-N合金を用いた磁気記録媒体を作製した。

【0029】化学強化されたソーダライムガラス基板上にCrB下地層を10nm形成し、B濃度を0~10at%まで変化させた。ランプヒーターにより、基板を300℃まで加熱したのち、12nmのFeSmN合金からなる磁性層、カーボン保護膜と順次形成した。磁性ターゲットにはFe-87at%Sm-2at%N合金を用いた。スパッタガスにはArに3%の窒素を添加した混合ガスを用い、ガス圧は5~20mTorrとした。

【0030】TEM観察の結果、各媒体の磁性層の構造は実施例1と同様の柱状構造をとっていたが、磁性粒子は非晶質であり、これを結晶質の偏析相が取り囲んだ構造であることがわかった。

【0031】各媒体の磁気特性を表3に、また、実施例1と同様な手法で見積もった非晶質の磁性粒子の平均粒径と規格化粒径分散を図9に示す。

【0032】

【表3】

表 3

媒体	保磁力 (kOe)	規格化媒体ノイズ ( $\mu V_{rms} \cdot \mu m^{1/2} / \mu V_{pp}$ )	出力減衰率 (%)	$Ku \cdot v/kT$
3A	2.89	0.0176	-0.1	131
3B	2.74	0.0166	-0.3	99
3C	2.36	0.0151	-0.8	71
3D	1.81	0.0141	-7.7	56

【0033】これらの媒体は全て平均粒径16nm以下、規格化粒径分散0.5以下で、平均粒径に対する磁性層膜厚は2以下である。磁性層に結晶磁気異方性の高い希土類合金を用いているため、実施例1、2の媒体に比べ、より微細な粒径でも60以上の $Ku \cdot v/kT$ が得られている。 $Ku \cdot v/kT$ が60以上である媒体A~Cは2kOe以上の高い保磁力と、0.018以下の低い規格化媒体ノイズを有し、且つ96時間後の減衰率は2%以下と1平方インチ当たり2ギガビット以上の高記録密度の実現に対して十分な特性を示している。但し、媒体Dは $Ku \cdot v/kT$ は56と低いため、出力の減衰率が大きく、熱的安定性が劣っている。ここでもやはり熱ゆらぎに対する十分な安定性を得るには $Ku \cdot v/kT$ は60以上である必要があることが示されている。

【0034】本実施例の磁気記憶装置を用い、ヘッド浮上量30nm、線記録密度196kBPi、トラック密度10.5kTPiの条件で記録再生特性を評価したところ、1.6の装置S/Nが得られた。また、磁気ヘッドへの入力信号を8-9符号

変調処理して出力信号に最尤復号処理を施すことにより、1平方インチ当たり2ギガビットの情報を記録再生することができた。しかも、内周から外周までのヘッドシーク試験5万回後のビットエラー数は10ビット/面以下であり、平均故障間隔で20万時間が達成できた。

【0035】＜実施例4＞実施例1と同様な磁気記憶装置において、再生用磁気ヘッドに図10に示すセンサを用いた。

【0036】このセンサはギャップ層14上に、5nmのTaパッド層25、7nmの第一の磁性層26、1.5nmのCu中間層27、3nmの第二の磁性層28、10nmのFe-50at%Mn反強磁性合金層29が順次形成された構造である。前記第一の磁性層にはNi-20at%Fe合金を使用し、第二の磁性層にはCoを使用した。反強磁性層からの交換磁界により、第二の磁性層の磁化は一方向に固定されている。これに対し、第二の磁性層と非磁性層を介して接する第一の磁性層の磁化の方向は、磁気記録媒体からの漏洩磁界により変化する。

るため、抵抗変化が生じる。このような二つの磁性層の磁化の相対的方向の変化に伴う抵抗変化はスピンバルブ効果と呼ばれるが、本実施例では再生用ヘッドにこの効果を利用したスピンバルブ型磁気ヘッドを使用した。テーパー部は実施例1の磁気センサと同一構成である。

【0037】ガラス基板上に第一の下地層としてCo-30at%Cr-10at%Zr合金、第二の下地層にCr-15at%Mo合金を使

用し、磁性層にCo-20at%Cr-12at%Pt-2at%Taを用いた磁気記録媒体を用いた。下地層膜厚、及び成膜条件は全て一定とし、磁性層膜厚のみを16~36nmまで4nm刻みで変化させた。

【0038】

【表4】

表 4

媒体	保磁力 (kOe)	規格化媒体ノイズ ( $\mu\text{Vrms} \cdot \mu\text{m}^{1/2} / \mu\text{Vpp}$ )	出力減衰率 (%)	Ku·v/kT
4A	1.68	0.0235	-0.5	245
4B	2.1	0.0183	-0.7	186
4C	2.45	0.0154	-0.9	157
4D	2.68	0.0146	-1.3	98
4E	2.46	0.0141	-1.8	64

【0039】表4に示すように、何れの媒体も全てKu·v/kTは60以上であった。また、平均粒径は16nm以下、規格化粒径分散は0.5以下であった(図11)。尚、各媒体の磁性層膜厚は媒体Aが36nmであり、媒体B以下4nmずつ減少し、媒体Eが16nmである。媒体A、及びBは共に保磁力は2.4kOe以下、線記録密度260kFCIで記録したときの規格化媒体ノイズは0.018以上であった。これらの媒体は1平方インチ当たり4ギガビット以上の高記録密度に対して不十分である。これは、これら両媒体の平均粒径に対する磁性層膜厚の比がそれぞれ、2.2、2.1と2より大きいため、膜と垂直方向の形状磁気異方性が増大したため考えられる。よって、良好な磁気特性を得るには磁性層膜厚は平均粒径の2倍以下であることが好ましい。

【0040】本媒体媒体に潤滑剤を塗布した後、上記ヘッドを用いた装置に組み込み、線記録密度245kBPi、トラック密度16.5kTPIの条件で記録再生特性を行ったところ、装置S/N1.8と高い値が得られた。また、磁気ヘッドへの入力信号を16-17符号変調処理して出力信号に最尤復号処理を施すことにより、1平方インチ当たり4ギガビットの情報を記録再生することができた。また、媒体の内周から外周までのヘッドシーク試験5万回後のビットエラー数は10ビット/面以下であり、平均故障間隔で30万時間以上が達成出来た。

【0041】

【発明の効果】本発明の磁気記録媒体は、媒体ノイズの低減、及び熱ゆらぎに対する安定性向上の効果を持つ。本発明の磁気記録媒体と磁気抵抗効果型ヘッドを用いることにより、一平方インチあたり2ギガビットの記録密度を有し、かつ平均故障回数が30万時間以上の磁気記憶装置の実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)及び(b)は、それぞれ、本発明の一実施例の磁気記録媒体における磁性結晶粒の平均粒径と積算面積比率、及び積算面積の関係を示す曲線。

【図2】(a)及び(b)は、それぞれ、本発明の一実施例の磁気記憶装置の平面模式図及びそのA-A'断面図。

【図3】本発明の磁気記憶装置における、磁気ヘッドの断面構造の一例を示す斜視図。

【図4】本発明の磁気記憶装置における、磁気ヘッドの磁気抵抗センサ部の断面構造の一例を示す模式図。

【図5】本発明の磁気記録媒体媒体の断面構造の一例を示す模式図。

【図6】本発明の一実施例の磁気記録媒体における磁性結晶粒の平均粒径と規格化粒径分散の関係を示すマップ図。

【図7】本発明の一実施例の磁気記録媒体の再生出力の時間に対する減衰率を示す図。

【図8】本発明の一実施例の磁気記録媒体における磁性結晶粒の平均粒径と規格化粒径分散の関係を示すマップ図。

【図9】本発明の一実施例の磁気記録媒体における磁性結晶粒の平均粒径と規格化粒径分散の関係を示すマップ図。

【図10】本発明の磁気記憶装置における、磁気ヘッドの断面構造の一例を示す斜視図。

【図11】本発明の一実施例の磁気記録媒体における磁性結晶粒の平均粒径と規格化粒径分散の関係を示すマップ図。

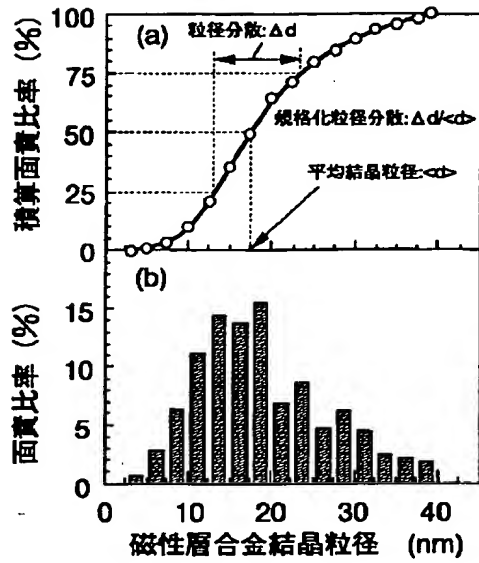
【符号の説明】

1...磁気ヘッド、2...磁気ヘッド駆動部、3...記録再生信号処理系、4...磁気記録媒体、5...磁気記録媒体駆動部、6...基体、7...コイル、8...上部記録磁極、9...下部記録磁極兼上部シールド層、10...磁気抵抗センサ、11...導体層、12...下部シールド層、13...信号検出領域、14...シールド層と磁気抵抗センサの間のギャップ層、15...横バイアス層、16...分離層、17...磁気抵抗強磁性層、18...テーパー部、19...永久磁石層、20...基板、21...下地層、22...磁性層、23...保護膜、24...潤

滑膜、25...バフファ層、26...第一の磁性層、27...中

【図 1】

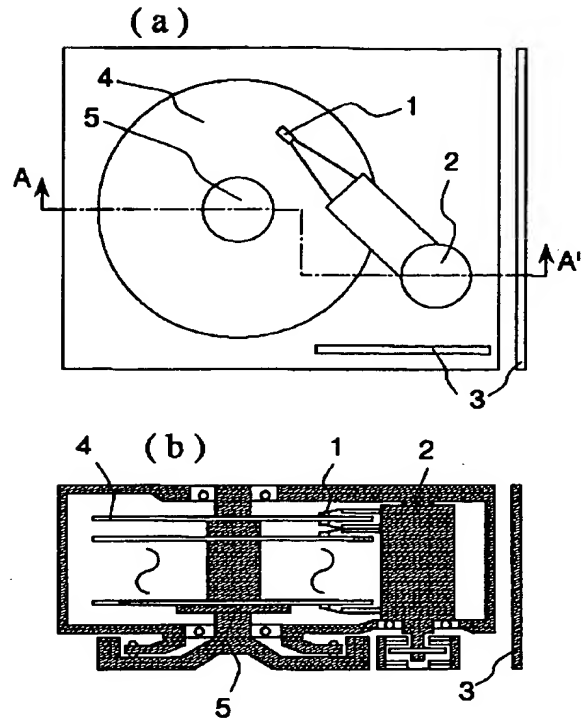
図 1



間層、28...第二の磁性層、29...反強磁性層。

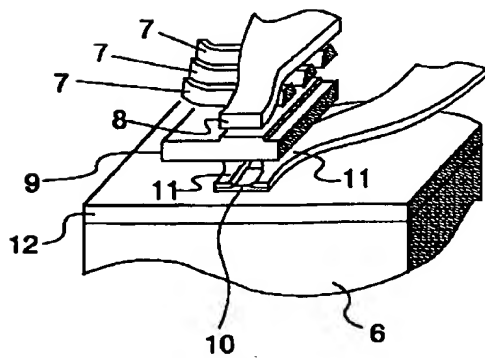
【図 2】

図 2



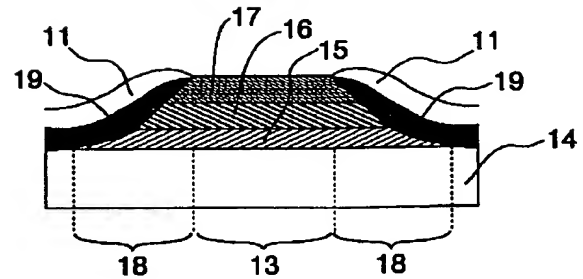
【図 3】

図 3



【図 4】

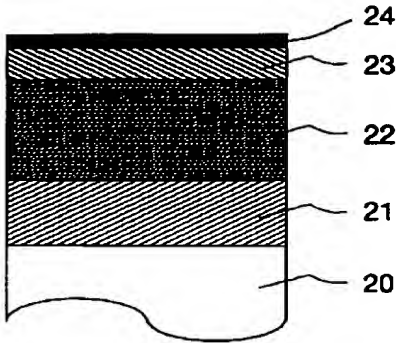
図 4





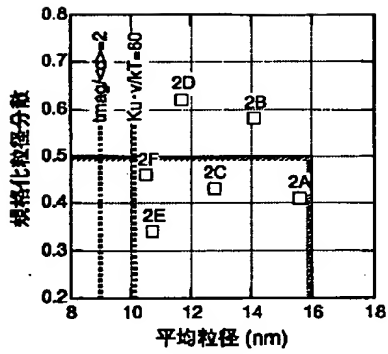
【図 5】

図 5



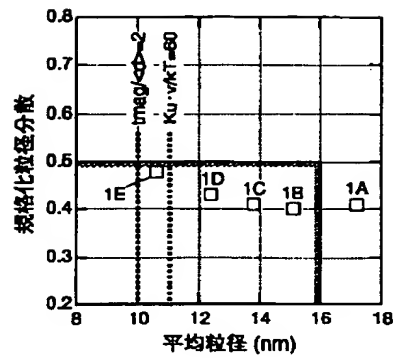
【図 8】

図 8



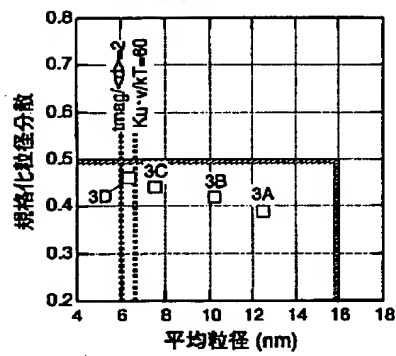
【図 6】

図 6



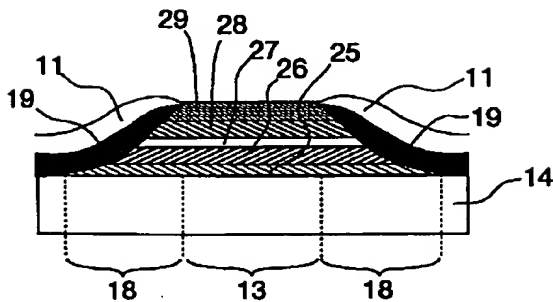
【図 9】

図 9



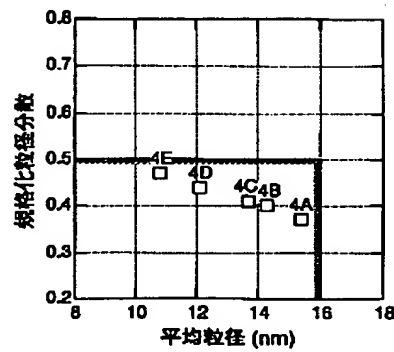
【図 10】

図 10



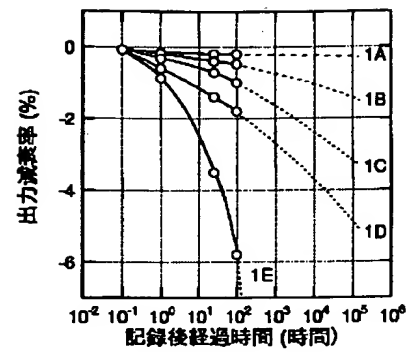
【図 11】

図 11



【図 7】

図 7



## フロントページの続き

(72)発明者 玉井 一郎  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 細江 譲  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 松田 好文  
神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内  
(72)発明者 棚橋 究  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72)発明者 山本 朋生  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内